



Mežaudžu augšanas gaitas un pieauguma noteikšana, izmantojot pārmērītos meža statistiskās inventarizācijas datus

Līgums 5.5.-5.1./000p/120/10/5

Starpatskaite

Projekta vadītājs. J.Donis

Mērķis un uzdevumi



Mērķis

Izveidot matemātiskos modeļus:

1) koksnes pieaugumu prognožu modeļi

- 1) tekošais pieaugums,
- 2) atmirums,
- 3) krājas diference

pa sugām, bonitātēm, vecuma klasēm;

•augšanas gaitas prognožu modeļi

- šķērslaukums vai koku skaits,
- caurmērs,
- vidējais augstums

pa valdošajām sugām, bonitātēm, vecuma klasēm.

Izstrādātie modeļi būs izmantojami audžu attīstības modelēšanai dažādu mežsaimniecisko darbību alternatīvu ietekmē, kas ir pamats saimniecisko lēmumu (gan stratēģiskajā, gan taktiskajā līmenī) pieņemšanai. Līdz šim Latvijā lietotie modeļi pamatā ir balstīti uz vienreiz uzmērītu parauglaukumu datu bāzes, kas ierobežo ilglaicīgu prognožu izstrādi.

Mērķis un uzdevumi



Pirmā posma darba uzdevumi:

1.1. Koksnes pieauguma prognožu modeļu izstrāde.

*Izstrādāt pētījumu metodiku, paredzot izmantot vienreizēji vai atkārtoti pārmērīto meža statistiskās inventarizācijas (turpmāk MSI) parauglaukumu datus, lai varētu noteikt **tekošo pieaugumu**, **atmirumu** un **krājas diferenci** dalījumā pa sugām, bonitātēm, vecuma klasēm.

***Definīciju, jēdzienu precizēšana.**

* **Izmantoto metodiku apskats un sākotnējās metodikas izstrāde.**

1.2. Augšanas gaitas prognožu modeļu izstrāde.

- Izstrādāt pētījumu metodiku, paredzot izmantot atkārtoti pārmērīto MSI datus, lai varētu izstrādāt augšanas gaitas prognožu modeļus mežaudzes **valdaudzes un I stāva taksācijas parametriem**, pirmkārt – **šķērslaukumam un/vai koku skaitam**, otrkārt **caurmēram** un **vidējam augstumam**, pa valdošajām sugām, bonitātēm, vecuma klasēm.

- **Definīciju, jēdzienu precizēšana.**

- **Izmantoto metodiku apskats un piemērotākās metodikas izstrāde.**

Otrā posma darba uzdevumi:

2.1. **Koksnes pieauguma prognožu modeļu izstrāde**, balstoties uz 1 gada MSI pārmērījuma datiem atbilstoši metodikai. MSI datu atlase un apstrāde. Iepriekš ievākto radiālo pieaugumu mērījumu veikšana. Atbilstošo vienādojumu izstrāde atbilstoši 1.1. etapā izstrādātajai metodikai.

2. **Augšanas gaitas prognožu modeļu izstrāde**, balstoties uz 1 gada pārmērījuma datiem (sugām - **priede, egle, bērzs**). MSI datu atlase un apstrāde. **Atbilstošo vienādojumu izstrāde atbilstoši 1.2. etapā izstrādātajai metodikai.**

Termini un definīcijas



Literatūrā un normatīvajos aktos lietoti virkne terminu, kas ne vienmēr ir pietiekami precīzi paskaidroti, tādēļ kā pirmais uzdevums tika izvirzīts apzināt lietotos terminus un to definīcijas.

Vispārēji meža taksācijas termini un definīcijas:

Atsevišķs koks

Koku kopa

Pieaugumu termini un definīcijas:

Atsevišķs koks

Koku kopa

Informācijas avoti:

Literatūra

Latvijā izmantotie normatīvie akti (vēsturiskie un pašreiz spēkā esošie)

Starptautiski izmantotie (IUFRO, TBFRA)

Termini un definīcijas



Vispārēji termini un definīcijas

Valdošā koku suga - koku suga, kurai mežaudzes I stāvā ir vislielākā koksnes krāja

Valdošā koku suga - koku suga, kurai mežaudzē ir vislielākā koksnes krāja.

Valdaudze - mežaudzes koki ar lielāko koksnes krāju, kuru augstums neatšķiras vairāk par 10 procentiem no to vidējā augstuma.

(Valdaudze – I, II, III Krafta klases koki).

Kokaudzes biezība - faktiskā koku skaita attiecība pret normālo koku skaitu vai faktiskā šķērslaukuma attiecība pret normālo šķērslaukumu.

Kokaudzes biezums – koku skaits uz ha.

Relatīvais kokaudzes biezības faktors – attiecīgās audzes biezības un maksimāla biezuma tāda paša caurmēra audzes biezības attiecība.

Šķērslaukums - viena hektāra platībā augošo koku stumbru šķērslaukumu summa (kvadrātmetros) 1,3 metru augstumā no sakņu kakla.

Bonitāte - iedalījuma vienība mežaudzes ražīguma raksturošanai, ko nosaka pēc koku augstuma noteiktā vecumā.

Virsaugstuma bonitāte - iedalījuma vienība mežaudzes ražīguma raksturošanai, ko nosaka pēc I stāva valdošās koku sugas virsaugstuma noteiktā vecumā.

Mežaudzes stāvs - koku kopa, kuras augstumu atšķirības no koku vidējā augstuma nepārsniedz 20 %. Meža inventarizācijā otro stāvu izdala, ja tā koku vidējais augstums ir vismaz par 21 % mazāks nekā pirmā stāva koku vidējais augstums, bet nav mazāks par sešiem metriem.

Meža elements – vienādos augšanas apstākļos augšanā un attīstībā savstarpēji mijiedarbojušos vienas sugas, vienas paaudzes, vienādas izcelsmes un vienlīdz attīstītu koku kopums. Pie vienas paaudzes pieskaita kokus, kuru vecums atšķiras ne vairāk kā par 2 vecumklasēm.

Termini un definīcijas



Audzes (meža elementa) krūšaugstuma caurmēra definīcijas

d – atsevišķa koka caurmērs 1.3 virs sakņu kakla (bāzes punkta);

D_g - **vidējais kvadrātiskais caurmērs** (vidējam šķērslaukumam atbilstoša koka caurmērs), kur vidējais šķērslaukums ;

D_{vald} - **valdaudzes koku vidējais kvadrātiskais caurmērs**;

D_{dom} – **kokaudzes I stāva valdošās koku sugas 100 resnāko koku uz ha koku vidējais kvadrātiskais caurmērs**.

Audzes (meža elementa) vai to daļu augstuma definīcijas

Analīzē izmantotie saīsinājumi un to termini un definīcijas:

H_g – I stāva valdošās koku sugas vidējā kvadrātiskā caurmēra kokam atbilstošs augstums;

H_{vald} – valdaudzes vidējā kvadrātiskā caurmēra kokam atbilstošs augstums;

H_{dom} – virsaugstums, kas aprēķināts kā 100 resnāko koku ha^{-1} vidējā kvadrātiskā caurmēra kokam atbilstošs augstums.

Audzes (meža elementa) vecuma definīcijas

A - **bioloģiskais jeb hronoloģiskais vecums** – laiks no sēklas dīgšanas vai atvašu pumpura saplaukšanas.

$A_{1.3}$ - **krūšaugstuma vecums** - laiks no brīža, kad tika sasniegts augstums 1.3 m virs sakņu kakla vai augsnes virsmas.

Metodiku apskats



Metodikas pieauguma noteikšanai

- 1) Atkārtotas uzskaites jeb pastāvīgo parauglaukumu metodes
- 2) Paraugkoku metodes
- 3) Urbumu metodes
- 4) Kamerālās metodes

Metodiku apskats



Metodikas augšanas gaitas modelēšanai

(Augšanas gaitas modelis - augšanas procesa biometriskā un matemātiskā reprezentācija)

Modeļu izmantošanas mērķi

- 1) Īstermiņa un vidējā termiņa plānošanas vajadzībām
- 2) Ilgtermiņa scenārijiem
- 3) Augšanas reakcijas uz mežsaimniecisko darbību un dabisko traucējumu novērtēšanai

Modeļu veidi pēc modelējamā elementa

- 1) **Atsevišķa koka modeļi**
- 2) Audžu modeļi
 - 1) Distances atkarīgi
 - 2) **Distances neatkarīgi**
 - 1) Vidējā koka modeļi
 - 2) Sadalījuma modeļi

Materiāls un metodika



Gadskārtu platumu mērījumi

2009. gadā uzmērītajos 444 MSI (meža statistiskā inventarizācija) parauglaukumos MAF (Meža attīstības fonds) pasūtītā projekta „Latvijas meža resursu ilgtspējīgas, ekonomiski pamatotas izmantošanas prognozēšanas modeļu izstrāde” ietvaros ar Preslera svārpstu iegūti koksnes serdeņi koku radiālā pieauguma noteikšanai.

Radiālā pieauguma mērījumi 2010. gadā veikti 4034 koksnes paraugiem (priedes – 1225; egles – 1203; bērzi – 913; citi (A; Ba; Os; Oz) - 693), no kuriem 3383 ir I stāva koki (priedes – 1208; egles – 707; bērzi – 844, citi – 624).

Radiālā pieauguma mērīšana veikta izmantojot iekārtu LINTAB IV. Datu pirmapstrādei izmantota datorprogrammu TSAP Win Scientific 0.55.

Materiāls un metodika



MSI datu atlase un apstrāde

Datorprogrammā MS Excel 2007 ievadīti dati par 481 MSI 2009. gadā atkārtoti uzmērīto parauglaukumu (priežu audzes – 201; egļu audzes – 96; bērzu audzes – 117; citas audzes – 67), aprēķināti šo parauglaukumu katra meža elementa gan 2004. gada, gan 2009. gada taksācijas rādītāji atbilstoši MSI metodikai tajā skaitā atmiruma krāja.

Meža tips	I stāva valdošā koku suga							Kopā
	P	E	B	M	A	Ba	Citas	
Sl	10							10
Mr	27		2					29
Ln	29	1						30
Dm	53	16	9		2	1		81
Vr	2	29	26	1	12	12	4	86
Gr		4	4		2	1	1	12
Gs			1					1
Mrs	10	1	4					15
Dms	6	7	2					15
Vrs		6	6		1	1	1	15
Grs			2					2
Pv	14							14
Nd	7	1	9		1			18
Db	1		4	3			1	9
Lk			1	2				3
Av								0
Am	6							6
As	6	19	21	3	5	1		55
Ap	1	2	7	2	2	2	1	17
Kv								0
Km	16	1	5					22
Ks	13	4	10	1				28
Kp		5	4	4				13
Kopā	201	96	117	16	25	18	8	481

Bonitāte	I stāva valdošā koku suga							Kopā
	P	E	B	M	A	Ba	Citas	
Ia	24	24	59	8	15	14	1	145
I	63	33	28	7	10	3	3	147
II	52	25	21				4	102
III	36	12	4	1		1		54
IV	11	1	5					17
V	6	1						7
VI	9							9
Kopā	201	96	117	16	25	18	8	481

Vecuma 10-gade	I stāva valdošā koku suga							Kopā
	P	E	B	M	A	Ba	Citas	
1	12		8	1	9	1		31
2	3	3	7	1	1	2	1	18
3	5	11	9	1	1	5	1	33
4	9	19	17			8	1	54
5	13	11	23	5	4	2	1	59
6	24	11	19	1	5		1	61
7	29	10	23	5	3		2	72
8	22	10	7	2	1			42
9	20	10	2					32
10	21	1	1					23
11	20	3	1				1	25
12	10	4			1			15
12<	13	3						16
Kopā	201	96	117	16	25	18	8	481

Audzes krājas pieauguma veidi un to statistisko parametru aprēķins



Materiāls un metodika

Analīzē izmanto datus par 283 atkārtoti pārmērītajiem MSI parauglaukumiem, kuros valdošā koku suga ir priede (146 parauglaukumi), egle (69) un bērzs (68) un kuros audzes vecums pirmajā uzmērīšanas reizē 2004. gadā ir lielāks par 10 gadiem. Analīzē aprēķināts un salīdzināts tikai I stāva valdošās koku sugas krājas pieaugums.

Aprēķināti sekojoši pieaugumu veidi:

Tekošā periodiskā diference

$$\Delta_M^p = M_A - M_{A-n}$$

M_A - audzes krāja vecumā A (augošo koku krāja), $m^3 ha^{-1}$;

M_{A-n} - audzes krāja pirms n gadiem (pirms n gadiem augošo koku krāja), $m^3 ha^{-1}$.

Tekošais pilnais periodiskais pieaugums

$$Z_{Mp}^p = M_A - M_{A-n} + M_n^a$$

M_n^a - atmiruma krāja (n gadu laikā atmirušo koku krāja perioda beigās), $m^3 ha^{-1}$.

Tekošais faktiskais periodiskais pieaugums

$$Z_{Mf}^p = M_A - m_{A-n}$$

m_{A-n} - intervāla n beigās audzē augošo koku krāja A-n gadu vecumā, $m^3 ha^{-1}$.

Faktiskās (audzes) tekošais potenciālais vidēji periodiskais pieaugums

$$Z_M = 12732.4 \psi G H^a D^{\beta \lg H + \varphi - 2} \left[\frac{Z_H (\alpha + \beta \lg D)}{H} + \frac{Z_D (\varphi + \beta \lg H)}{10D} \right]$$

$\psi; \alpha; \beta; \varphi$ – koeficienti;

G – audzes krūšaugstuma šķērslaukums, $m^2 ha^{-1}$;

H - vidējā kvadrātiskā caurmēra kokam atbilstošs augstums, m;

D - vidējais kvadrātiskais caurmērs, cm;

Z_H – vidējā kvadrātiskā caurmēra kokam atbilstošā augstuma periodiskais pieaugums, m;

Z_D – vidējā kvadrātiskā caurmēra periodiskais pieaugums, cm.

Liepa, 1996

Audzēs krājas pieauguma veidi un to statistisko parametru aprēķins



Rezultāti

Suga	Audzēs vecums	PL skaits	Krājas pieauguma veids													
			Δ^p_M		Δ^{vp}_M		Z^p_{Mp}		Z^{vp}_{Mp}		Z^p_{Mf}		Z^{vp}_{Mf}		Z_M	
			\bar{x}	$s_{x'}$	\bar{x}	$s_{x'}$	\bar{x}	$s_{x'}$	\bar{x}	$s_{x'}$	\bar{x}	$s_{x'}$	\bar{x}	$s_{x'}$	\bar{x}	$s_{x'}$
Priede	11-40	12	32,7	4,8	6,5	1,0	37,6	5,0	7,5	1,0	37,0	4,9	7,4	1,0	7,7	1,6
	41-60	29	14,3	4,5	2,9	0,9	24,7	2,8	4,9	0,6	26,0	2,6	5,2	0,5	7,5	0,9
	61-80	41	17,2	3,6	3,4	0,7	25,7	2,4	5,1	0,5	26,0	2,4	5,2	0,5	7,0	0,6
	81-100	32	-1,6	12,3	-0,3	2,5	19,9	3,1	4,0	0,6	20,6	3,1	4,1	0,6	6,6	0,8
	101-160	32	-1,4	8,4	-0,3	1,7	14,3	1,9	2,9	0,4	14,5	1,9	2,9	0,4	4,7	0,5
Kopā	146	9,7	3,6	1,9	0,7	22,7	1,3	4,5	0,3	23,2	1,3	4,6	0,3	6,6	0,3	
Egle	11-40	26	29,2	4,5	5,8	0,9	33,8	3,6	6,8	0,7	34,3	3,5	6,9	0,7	6,2	1,2
	41-60	17	-6,5	16,9	-1,3	3,4	32,5	4,5	6,5	0,9	32,0	4,4	6,4	0,9	10,2	1,2
	61-80	12	-30,2	23,4	-6,0	4,7	18,9	5,9	3,8	1,2	18,3	5,7	3,7	1,1	6,9	1,4
	81-160	14	-85,9	25,2	-17,2	5,0	10,2	2,6	2,0	0,5	10,4	2,8	2,1	0,6	4,5	0,9
	Kopā	69	-13,3	9,3	-2,7	1,9	26,1	2,4	5,2	0,5	26,1	2,3	5,2	0,5	7,0	0,7
Bērzs	11-40	24	19,0	3,0	3,8	0,6	23,0	3,0	4,6	0,6	23,0	3,0	4,6	0,6	4,6	0,9
	41-60	29	-5,7	14,1	-1,1	2,8	17,5	2,6	3,5	0,5	19,1	2,4	3,8	0,5	5,7	0,6
	61-110	15	-14,9	13,3	-3,0	2,7	15,3	3,1	3,1	0,6	13,6	2,9	2,7	0,6	4,6	0,5
	Kopā	68	1,0	6,9	0,2	1,4	18,9	1,7	3,8	0,3	19,3	1,6	3,9	0,3	5,1	0,4

Δ^p_M - krājas tekošā periodiskā diference, $m^3 ha^{-1} 5$ gados
 Δ^{vp}_M - krājas tekošā vidēji periodiskā diference, $m^3 ha^{-1}$ gadā
 Z^p_{Mp} - krājas tekošais pilnais periodiskais pieaugums, $m^3 ha^{-1} 5$ gados
 Z^{vp}_{Mp} - krājas tekošais pilnais vidēji periodiskais pieaugums, $m^3 ha^{-1}$ gadā
 Z^p_{Mf} - krājas tekošais faktiskais periodiskais pieaugums, $m^3 ha^{-1} 5$ gados
 Z^{vp}_{Mf} - krājas tekošais faktiskais vidēji periodiskais pieaugums, $m^3 ha^{-1}$ gadā
 Z_M - faktiskās audzes krājas tekošais potenciālais vidēji periodiskais pieaugums, $m^3 ha^{-1}$ gadā
 \bar{x} un $s_{x'}$ - aritmētiski vidējā vērtība un standartklūda

Suga	Bonitāte	PL skaits	Krājas pieauguma veids													
			Δ^p_M		Δ^{vp}_M		Z^p_{Mp}		Z^{vp}_{Mp}		Z^p_{Mf}		Z^{vp}_{Mf}		Z_M	
			\bar{x}	$s_{x'}$	\bar{x}	$s_{x'}$	\bar{x}	$s_{x'}$	\bar{x}	$s_{x'}$	\bar{x}	$s_{x'}$	\bar{x}	$s_{x'}$	\bar{x}	$s_{x'}$
Priede	0	18	8,0	5,7	1,6	1,1	24,7	3,0	4,9	0,6	25,0	2,9	5,0	0,6	9,4	1,3
	1	39	17,8	4,2	3,6	0,8	27,5	2,6	5,5	0,5	27,7	2,5	5,5	0,5	8,0	0,5
	2	40	8,5	10,2	1,7	2,0	26,2	2,8	5,2	0,6	26,3	2,8	5,3	0,6	6,7	0,7
	3	27	6,6	8,0	1,3	1,6	18,6	2,7	3,7	0,5	19,9	2,7	4,0	0,5	5,1	0,6
	4	9	-0,2	19,8	0,0	4,0	18,4	3,8	3,7	0,8	19,5	3,6	3,9	0,7	5,0	0,9
	5	13	4,9	2,5	1,0	0,5	6,5	2,3	1,3	0,5	7,1	2,1	1,4	0,4	2,1	0,4
Kopā	146	9,7	3,6	1,9	0,7	22,7	1,3	4,5	0,3	23,2	1,3	4,6	0,3	6,6	0,3	
Egle	0	16	12,7	13,2	2,5	2,6	34,8	5,2	7,0	1,0	34,3	4,9	6,9	1,0	12,2	1,5
	1	23	-35,1	19,4	-7,0	3,9	22,0	4,2	4,4	0,8	21,9	4,3	4,4	0,9	5,6	0,9
	2	19	-25,1	19,3	-5,0	3,9	22,7	4,2	4,5	0,8	22,8	4,2	4,6	0,8	6,6	0,9
Kopā	58	-18,6	10,7	-3,7	2,1	25,8	2,7	5,2	0,5	25,6	2,6	5,1	0,5	7,8	0,7	
Bērzs	0	33	-0,6	13,2	-0,1	2,6	25,3	2,3	5,1	0,5	25,0	2,4	5,0	0,5	6,6	0,6
	1	18	3,2	9,3	0,6	1,9	15,9	3,3	3,2	0,7	15,6	3,0	3,1	0,6	4,3	0,8
	2	11	-2,1	7,6	-0,4	1,5	9,8	2,6	2,0	0,5	13,1	2,2	2,6	0,4	3,7	0,4
Kopā	62	0,2	7,6	0,0	1,5	19,8	1,8	4,0	0,4	20,2	1,7	4,0	0,3	5,4	0,4	

Δ^p_M - krājas tekošā periodiskā diference, $m^3 ha^{-1} 5$ gados
 Δ^{vp}_M - krājas tekošā vidēji periodiskā diference, $m^3 ha^{-1}$ gadā
 Z^p_{Mp} - krājas tekošais pilnais periodiskais pieaugums, $m^3 ha^{-1} 5$ gados
 Z^{vp}_{Mp} - krājas tekošais pilnais vidēji periodiskais pieaugums, $m^3 ha^{-1}$ gadā
 Z^p_{Mf} - krājas tekošais faktiskais periodiskais pieaugums, $m^3 ha^{-1} 5$ gados
 Z^{vp}_{Mf} - krājas tekošais faktiskais vidēji periodiskais pieaugums, $m^3 ha^{-1}$ gadā
 Z_M - faktiskās audzes krājas tekošais potenciālais vidēji periodiskais pieaugums, $m^3 ha^{-1}$ gadā
 \bar{x} un $s_{x'}$ - aritmētiski vidējā vērtība un standartklūda

N.B! Aprēķinātajiem lielumiem ir ilustratīvs raksturs! Tie nav reprezentatīvi!

Faktiskās audzes krājas reducētais tekošais potenciālais pieaugums



Materiāls un metodika

Analīzē izmanto datus par 192 MSI parauglaukumiem

Faktiskās audzes krājas reducēto tekošo potenciālo pieaugumu aprēķināšanai izmanto sekojošas formulas:

Reālais faktiskās audzes krājas reducētais tekošais potenciālais pieaugums

$$\dot{Z}_M = \frac{Z_M}{G}$$

\dot{Z}_M - faktiskās audzes krājas reducētais tekošais potenciālais pieaugums, $m^3 m^{-2}$;

Z_M - faktiskās audzes krājas tekošais potenciālais pieaugums, m^3 ;

G - audzes krūšaugstuma šķērslaukums, m^2 .

Izlīdzinātais faktiskās audzes krājas reducētais tekošais potenciālais pieaugums

$$\dot{Z}_M = a_1 + b_1 B + c_1 B^2 + \frac{a_2 + b_2 B + c_2 B^2}{A} + \frac{a_3 + b_3 B + c_3 B^2}{A^2}$$

\dot{Z}_M - faktiskās audzes krājas reducētais tekošais potenciālais pieaugums, $m^3 m^{-2}$;

B - bonitātes klase ($I_a=0; I=1...V=5$);

A - vecums, gadi;

$a_i; b_i; c_i$ - izlīdzināšanas koeficienti.

Liepa, 2009

Faktiskās audzes krājas reducētais tekošais potenciālais pieaugums



Vienādojumu atbilstības izvērtēšanai izmantoti sekojoši statistiskie rādītāji:

Vidējā novirze (MRES)	$MRES = \frac{\sum(y_i - \hat{y}_i)}{n} ;$
Vidējā absolūtā novirze (AMRES)	$AMRES = \frac{\sum y_i - \hat{y}_i }{n} ;$
Standartklūda (RMSE)	$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(y_i - \hat{y}_i)^2}{n - 1 - p}} ;$
Vidējā kvadrātiskā kļūda (MSE)	$MSE = \frac{\sum(y_i - \hat{y}_i)^2}{n - p} ;$
Modeļa efektivitāte (MEF)	$MEF = \frac{\sum(y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum(y_i - \bar{y})^2} ;$
Dispersijas attiecība (VR)	$VR = \frac{\sum(\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum(y_i - \bar{y})^2} ;$
Determinācijas indekss (R^2).	

Formulās izmantotie apzīmējumi:

y_i - uzņēmējais rādītājs; \hat{y}_i - aprēķinātais rādītājs; \bar{y} - aritmētiski vidējais uzņēmējais rādītājs; $\bar{\hat{y}}$ - aritmētiski vidējais aprēķinātais rādītājs; p – vienādojuma parametru skaits.

Faktiskās audzes krājas reducētais tekošais potenciālais pieaugums

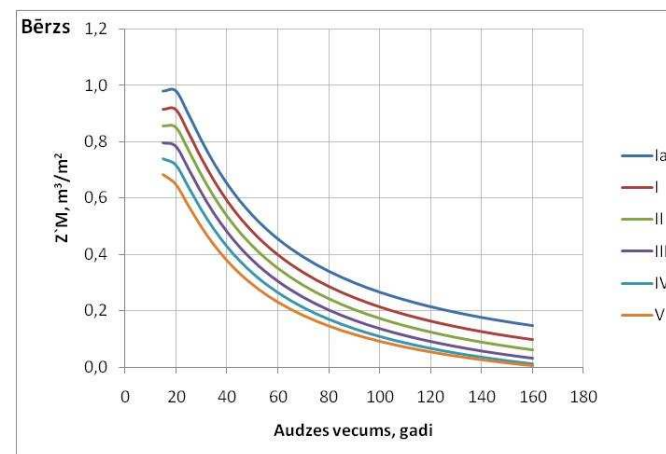
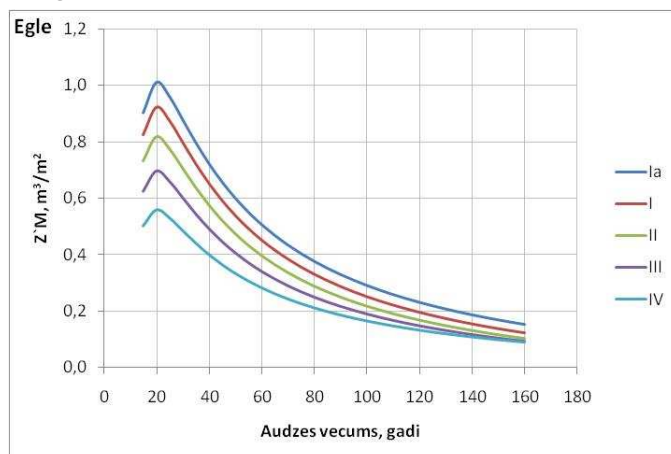
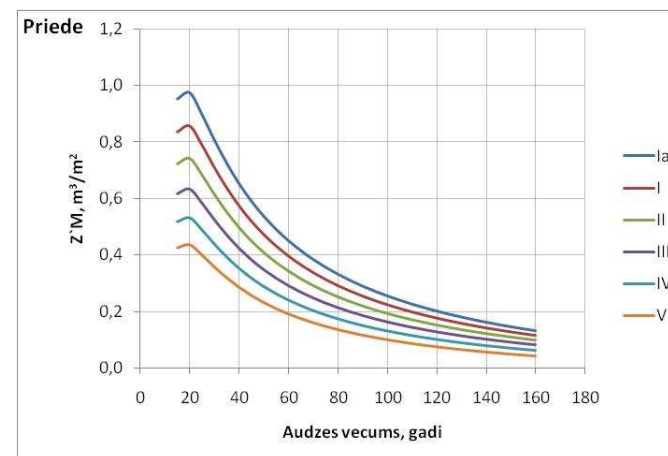


Rezultāti

I. Liepas izlīdzinātā vienādojuma faktiskās audzes krājas reducētā tekošā potenciālā pieauguma aprēķināšanai (Liepa, 2009) raksturojums

Lai arī pēc vecuma pa bonitātes klasēm izlīdzinātais faktiskās audzes krājas reducētā tekošā potenciālā pieauguma aprēķināšanas vienādojums ir **polimorfisks**, tomēr atbilstoši tam tiek prognozēts, ka visām sugām šis **krājas pieaugums kulminē (sasniedz maksimālo vērtību) vienā un tajā pašā vecumā:**

- priedēm – 18 gadi,
- eglēm – 20 gadi,
- bērziem – 17 gadi.

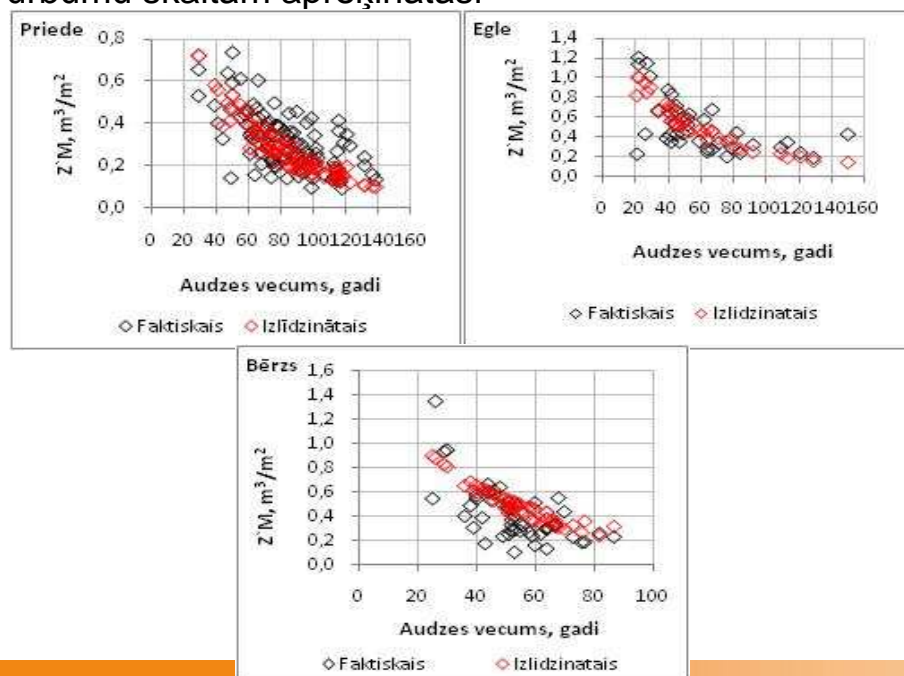


Faktiskās audzes krājas reducētais tekošais potenciālais pieaugums



Faktiskā un izlīdzinātā faktiskās audzes krājas reducētā tekošā potenciālā pieauguma salīdzinājums

Pēc gadskārtu urbuma skaidām aprēķinātie **faktiskās audzes krājas reducētā tekošā potenciālā periodiskā pieauguma lielumi** (Liepa, 1996) salīdzināti ar I. Liepas (2008., 2009.) izstrādāto **izlīdzināto faktiskās audzes krājas reducēto tekošo potenciālo pieaugumu**. Priedei kopumā, bet it īpaši zemākajās bonitātēs parauglaukumos, pēc urbuma skaidām konstatētais pieaugums ir lielāks nekā pēc izlīdzinātās līknes aprēķinātais. Savukārt eglei un bērzam izlīdzinātās līknes vērtības ir augstākas nekā pēc urbumu skaitām aprēķinātās.



Suga	Rezultatīvie rādītāji	Statistiskie rādītāji	Bonitāte				Kopā
			Ia	I	II	III	
Priede	Z_{Mf}	Aritmētiski vidējais	0,395	0,343	0,290	0,234	0,311
		Minimums	0,216	0,128	0,089	0,093	0,089
		Maksimums	0,738	0,657	0,456	0,606	0,738
		Standartnovirze	0,146	0,141	0,096	0,124	0,136
		Skaitis	17	31	28	24	100
		Standartklūda	0,035	0,025	0,018	0,025	0,014
	Z_{Mapr}	Aritmētiski vidējais	0,396	0,345	0,240	0,175	0,283
		Minimums	0,200	0,186	0,155	0,103	0,103
		Maksimums	0,538	0,725	0,417	0,391	0,725
		Standartnovirze	0,090	0,147	0,061	0,066	0,129
		Skaitis	17	31	28	24	100
		Standartklūda	0,022	0,026	0,011	0,014	0,013
Egle	Z_{Mf}	Aritmētiski vidējais	0,572	0,499	0,476		0,513
		Minimums	0,252	0,201	0,191		0,191
		Maksimums	1,202	1,145	0,830		1,202
		Standartnovirze	0,334	0,288	0,201		0,270
		Skaitis	13	11	16		40
		Standartklūda	0,093	0,087	0,050		0,043
	Z_{Mapr}	Aritmētiski vidējais	0,690	0,435	0,442		0,521
		Minimums	0,382	0,140	0,152		0,140
		Maksimums	0,997	0,845	0,814		0,997
		Standartnovirze	0,217	0,210	0,179		0,229
		Skaitis	13	11	16		40
		Standartklūda	0,060	0,063	0,045		0,036
Bērzs	Z_{Mf}	Aritmētiski vidējais	0,485	0,325	0,308		0,405
		Minimums	0,170	0,098	0,154		0,098
		Maksimums	1,348	0,609	0,548		1,348
		Standartnovirze	0,263	0,141	0,119		0,224
		Skaitis	27	15	10		52
		Standartklūda	0,051	0,036	0,038		0,031
	Z_{Mapr}	Aritmētiski vidējais	0,571	0,460	0,327		0,492
		Minimums	0,311	0,321	0,234		0,234
		Maksimums	0,896	0,648	0,421		0,896
		Standartnovirze	0,147	0,099	0,061		0,152
		Skaitis	27	15	10		52
		Standartklūda	0,028	0,025	0,019		0,021

Z_{Mf} - faktiskais (uzmērītais) faktiskās audzes krājas reducētais tekošais potenciālais vidēji periodiskais pieaugums, $m^3 ha^{-1}$
 Z_{Mapr} - izlīdzinātais faktiskās audzes krājas reducētais tekošais potenciālais vidēji periodiskais pieaugums, $m^3 ha^{-1}$

Faktiskās audzes krājas reducētais tekošais potenciālais pieaugums



Visām analizētajām sugām starp izlīdzināto krājas pieaugumu un faktisko krājas pieaugumu ir konstatēta vidēji cieša korelācija ($R_{\text{priede}}=0,666$; $R_{\text{egle}}=0,647$; $R_{\text{bērzs}}=0,706$). Visprecīzāk izlīdzinātais krājas pieaugums noteikts egļu audzēm, jo vidējā novirze ir -0,007 (1,4% no aritmētiski vidējās faktiskā pieauguma vērtības), bet vislielākā vidējā novirze konstatēta bērzu audzēs -0,087

Statistiskie rādītāji	Apzīmējums	Ideālā vērtība	Priede	Egle	Bērzs
Vidējā novirze	MRES	0	0,027	-0,007	-0,087
Vidējā absolūtā novirze	AMRES	0	0,086	0,168	0,142
Standartklūda	RMSE	0	0,114	0,222	0,187
Vidējā kvadrātiskā kļūda	MSE	0	0,013	0,048	0,034
Determinācijas indekss	R^2	1	0,443	0,418	0,499
Modeļa efektivitāte	MEF	0	0,724	0,868	1,066
Dispersijas attiecība	VR	1	0,957	0,999	0,750

Augstuma pieaugums



Metodika

Kopā izmantoti dati par 163 MSI parauglaukumiem, no kuriem priežu audzēs ir 90 parauglaukumi, egļu audzēs 34, bērzu audzēs – 39.

Augstuma pieauguma analīzē izmanto datus par I stāva valdošās koku sugas augstuma izmaiņām.

Veikts reālā piecu gadu augstuma pieauguma salīdzinājums ar:

- vienreiz uzmērīto MSI parauglaukumu I stāva valdošās koku sugas augstuma **atbilstības Orlova bonitāšu skalai aproksimācija** ar **Ričardsa-Čapmana funkciju** (Donis, 2009);

$$H = a_0 \cdot \left[1 - e^{-a_1 \cdot t} \right]^{a_2}$$

kur H - vidējais augstums, m;
 t - audzes vecums, gadi;
 $a_0 \dots a_2$ - modeļa parametri.

- vienreiz uzmērīto MSI parauglaukumu I stāva valdošās koku sugas augstumlīkņu dažādos **meža tipos aproksimācijas modelis ar Ričardsa-Čapmana funkciju** (Donis, 2009);
- Liepas izstrādāto **augstuma pieauguma vienādojumu** (Liepa, 1996).

D – koku caurmērs, cm;
 i – 5 gadu radiālais pieaugums;
 H koka augstums;

a, b, c – no koku sugas atkarīgi koeficienti

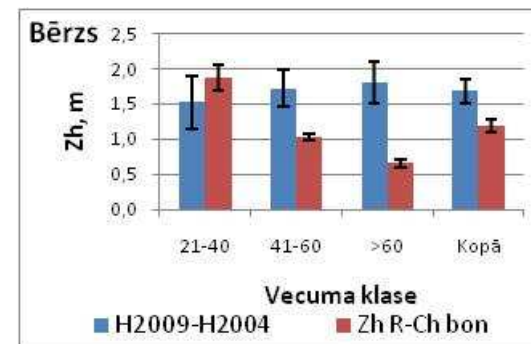
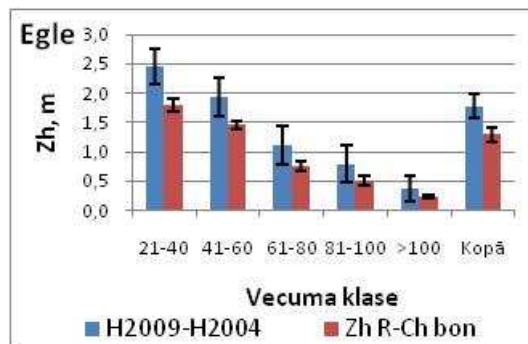
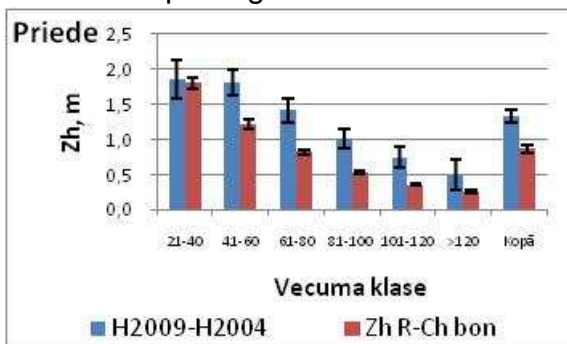
$$Z_H = \frac{2iH(aD + b)}{cD + 100}$$

Augstuma pieaugums

Rezultāti

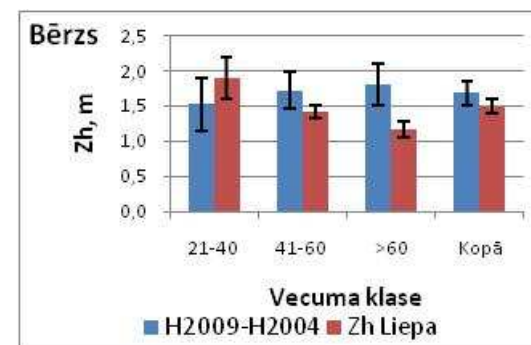
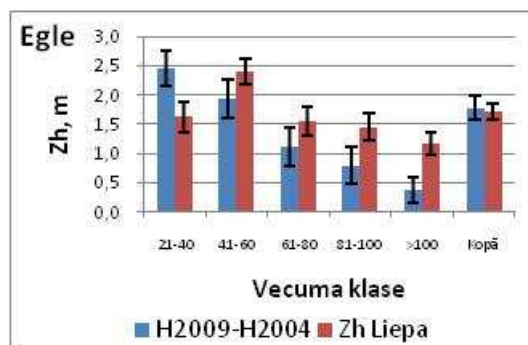
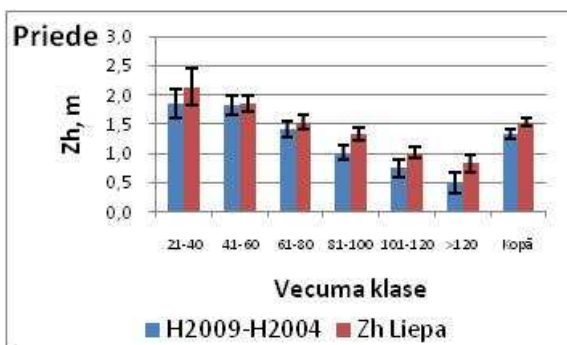
Salīdzinājums ar *Richard-Chapman* bonitāšu modeli

Faktiskie augstuma pieaugumi (2004.-2009.g.) visām sugām ir **lielāki nekā** prognozēts pēc aproksimētajiem augstumiem kā pēc Orlova bonitāšu skalām, tā arī pa meža tipiemiem attiecīgajās vecuma grupās vienreiz uzmērītos MSI parauglaukumos.



Salīdzinājums ar *I. Liepas* modeli

Augstuma pieaugumi, kas modelēti pēc prof. I.Liepas izstrādātā vienādojuma (Liepa, 1996) kopumā paraugkopai **neatšķiras būtiski** no vidējām uzmērītajām augstuma pieauguma vērtībām, bet skuju kokiem prognozētie augstuma pieaugumi ir sistemātiski lielāki.



Sakarība starp audzes vidējo augstumu, valdaudzes augstumu un virsaugstumu



Materiāls un metodika

Analīzē izmanto datus par 340 MSI parauglaukumiem, kuros valdošā koku suga ir priede (167 parauglaukumi), egle (67) un bērzs (96). Meža elementa augstumlīknes aprēķina pēc prof. R.Ozoliņa algoritma (Ozoliņš, 1997). Salīdzina uzmērīto H_g ar aprēķinātajām vērtībām pēc J. Matuzāņa izstrādātajiem vienādojumiem (Matuzānis, 1983 un Матузанис, 1986):

Matuzānis, 1983

$$H_g = a_1 + a_2 H_{dom} + a_3 H_{dom}^2 + a_4 H_{100}$$

$a_1; a_2; a_3; a_4$ – atbilstošās sugas koeficienti;

H_g – vidējais augstums;

H_{dom} – virsaugstums (100 uz hektāra resnāko koku augstums);

H_{100} – virsaugstuma bonitāte.

Matuzānis, 1986

$$H_g = a_1 + a_2 H_{dom} + a_3 H_{dom}^2$$

$a_1; a_2; a_3$ – atbilstošās sugas koeficienti;

H_g – vidējais augstums;

H_{dom} – virsaugstums (100 uz hektāra resnāko koku augstums).

Aproksimēti sekojoši vienādojumi:

$$H_g = a_1 H_{dom}^{a_2} N^{a_3}$$

$a_1; a_2; a_3$ – atbilstošās sugas koeficienti;

H_g – audzes vidējā kvadrātiskā caurmēra kokam atbilstošs augstums;

H_{dom} – virsaugstums (100 uz hektāra resnāko koku augstums);

N – valdošās koku sugas I stāva koku skaits uz hektāra.

$$H_{vald} = a_1 H_{dom}^{a_2} N^{a_3}$$

$a_1; a_2; a_3$ – atbilstošās sugas koeficienti,

H_{vald} – valdaudzes vidējā kvadrātiskā caurmēra kokam atbilstošs augstums;

H_{dom} – virsaugstums (100 uz hektāra resnāko koku augstums);

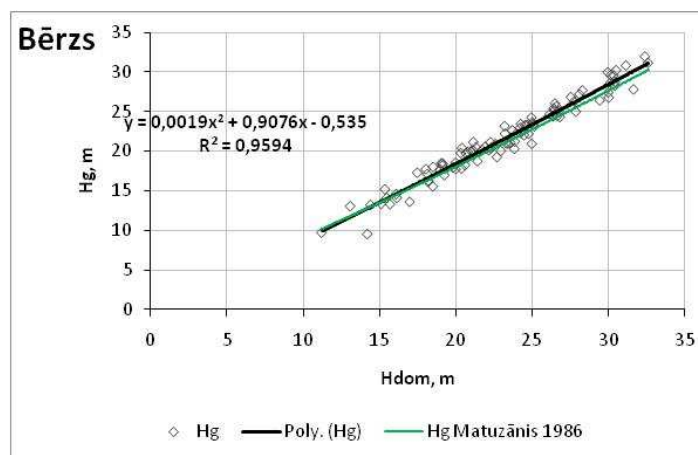
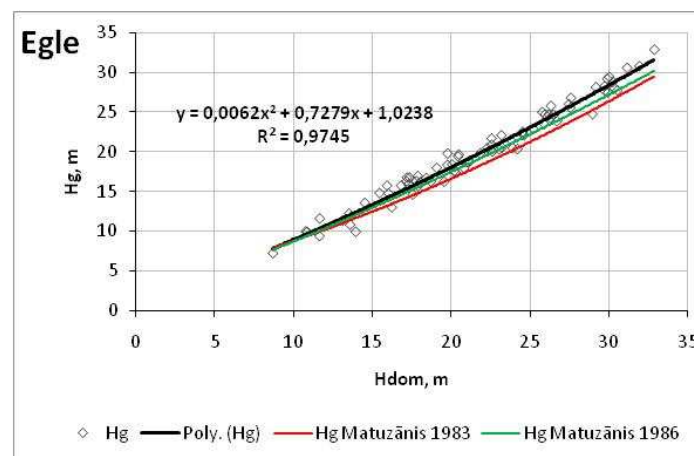
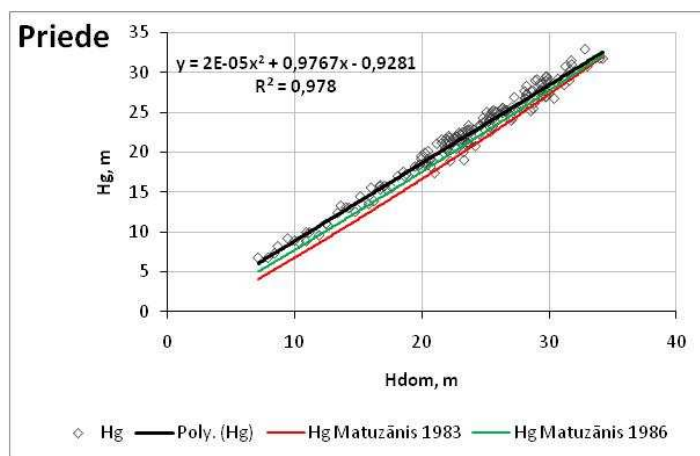
N – valdošās koku sugas valdaudzes koku skaits uz hektāra.

Sakarība starp audzes vidējo augstumu, valdaudzes augstumu un virsaugstumu



Rezultāti

Pēc J. Matuzāņa 1983. un 1986. gadā izstrādātajiem vienādojumiem skuju kokiem aproksimētās vērtības ir **sistemātiski mazākas nekā uzmērītās.**



Koku skaita izmaiņas



Materiāls un metodika

Datu analīzē izmanto datus par 270 MSI 2009. gadā atkārtoti uzmērītajiem parauglaukumiem un 1336 MSI vienreiz uzmērītiem parauglaukumiem.

$$D_g = \frac{1}{\alpha_0 H^{\alpha_1} N + \beta_0 H^{\beta_1}}$$

D_g - vidējais kvadrātiskais caurmērs;

H - vidējā kvadrātiskā caurmēra kokam atbilstošs augstums;

N - koku skaits ha^{-1} ;

$\alpha_0; \beta_0; \alpha_1; \beta_1$ - koeficienti.

$$N_{G_{max}} = \frac{\beta_0}{\alpha_0} \cdot (2\beta_0)^{\frac{\alpha_1}{\beta_1}-1} D_{g_{max}}^{\frac{\alpha_1}{\beta_1}-1}$$

$N_{G_{max}}$ - koku skaits ha^{-1} pie maksimālā šķērslaukuma;

$D_{g_{max}}$ - vidējais kvadrātiskais caurmērs pie maksimālā šķērslaukuma;

$\alpha_0; \beta_0; \alpha_1; \beta_1$ - koeficienti, kas tiek aprēķināti pēc 22 vienādojuma.

Vienreiz uzmērīti

$$N_2 = \left[N_1^a + \left(b + \frac{c}{SI} \right) \left(\left[\frac{t_2}{10} \right]^d - \left[\frac{t_1}{10} \right]^d \right) \right]^{\frac{1}{a}}$$

N_1 un N_2 - koku skaits ha^{-1} attiecīgi vecumā t_1 un t_2 ;

H_{100} - virsaugstuma bonitāte, m;

$a; b; c; d$ - empīriskie parametri.

Atkārtoti uzmērītie

Koku skaita izmaiņas



- Rezultāti

$$D_g = \frac{1}{\alpha_0 H^{\alpha_1} N + \beta_0 H^{\beta_1}}$$

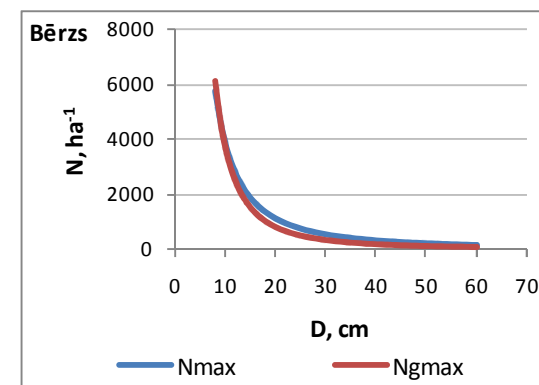
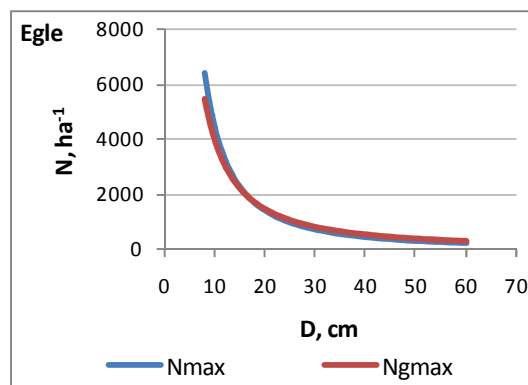
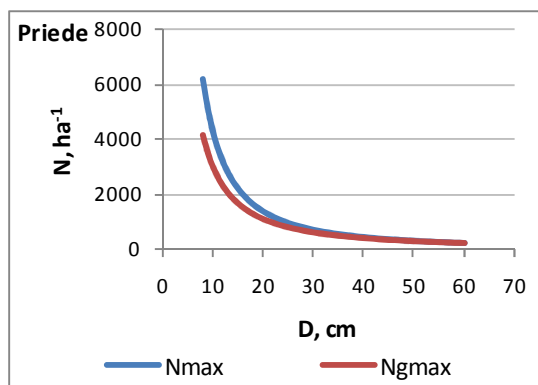
Suga	Koefficienti			
	α_0	α_1	β_0	β_1
Priede	5,91E-06	0,42279	0,49535	-0,93209
Egle	3,60E-06	0,46971	0,87686	-1,07054
Bērzs	1,60E-07	1,54393	1,86402	-1,26158

Statistiskie rādītāji	Apzīmējums	Ideālā vērtība	Priede	Egle	Bērzs
Vidējā novirze	MRES	0	-0,050	0,001	-0,093
Vidējā absolūtā novirze	AMRES	0	1,858	1,123	1,170
Standartklūda	RMSE	0	2,640	1,578	1,816
Vidējā kvadrātiskā kļūda	MSE	0	6,960	2,478	3,289
Determinācijas indekss	R^2	1	0,919	0,965	0,964
Modeļa efektivitāte	MEF	0	0,090	0,037	0,039
Dispersijas attiecība	VR	1	1,000	1,000	1,000

Koku skaita izmaiņas

$$N_{G_{\max}} = \frac{\beta_0}{\alpha_0} \cdot (2\beta_0)^{\frac{\alpha_1-1}{\beta_1}} D g_{G_{\max}}^{\frac{\alpha_1-1}{\beta_1}}$$

Statistiskie rādītāji	Apzīmējums	Ideālā vērtība	Priede	Egle	Bērzs
Vidējā novirze	MRES	0	251	-8	189
Vidējā absolūtā novirze	AMRES	0	251	121	203
Standartklūda	RMSE	0	513	207	235
Vidējā kvadrātiskā kļūda	MSE	0	257630	41857	54044
Determinācijas indekss	R ²	1	0,998	0,997	0,990
Modeļa efektivitāte	MEF	0	0,295	0,030	0,033
Dispersijas attiecība	VR	1	0,922	1,000	0,976



Koku skaita izmaiņas



$$N_2 = \left[N_1^a + \left(b + \frac{c}{SI} \right) \left(\left[\frac{t_2}{10} \right]^d - \left[\frac{t_1}{10} \right]^d \right) \right]^{\frac{1}{a}}$$

Suga	Koeficienti				Standartklūda			
	a	b	c	d	a	b	c	d
Priede	0,03446	-0,00163	0,01420	1,43894	0,23548	0,01496	0,13003	0,38951
Egle	0,43925	-0,14313	3,99349	1,55983	3,52286	5,50743	153,675	5,81107
Bērzs	0,00340	-0,00009	0,00026	1,65630	0,28207	0,00788	0,02193	0,55947

Statistiskie rādītāji	Apzīmējums	Ideālā vērtība	Priede	Egle	Bērzs
Vidējā novirze	MRES	0	2	-18	2
Vidējā absolūtā novirze	AMRES	0	22	20	24
Standartklūda	RMSE	0	32	39	36
Vidējā kvadrātiskā kļūda	MSE	0	1022	1475	1300
Determinācijas indekss	R ²	1	0,995	0,988	0,984
Modeļa efektivitāte	MEF	0	0,005	0,008	0,016
Dispersijas attiecība	VR	1	1,000	0,998	1,000

Caurmēra pieaugums



Materiāls un metodika

Datu analīzē izmanto datus par 305 MSI 2009. gadā atkārtoti uzmērītajiem parauglaukumiem.

Analīzē audzes caurmēra izmaiņas tiek modelētas kā I stāva valdošās koku sugas vidējā kvadrātiskā krūšaugstuma caurmēra koka šķērslaukuma izmaiņas izmantojot sekojošu vienādojumu:

$$\ln(z_g) = a_1 + a_2 \ln(H_{100}) + a_3 \frac{1}{H_{dom}} + a_4 \frac{1}{H_{dom}^2} + a_5 \ln(D_g) + a_6 D_g^2 + a_7 \frac{1}{(D_g + 0.1)} + a_8 \ln(cr) + a_9 RDF + a_{10} Thin_{0-5}$$

z_g – vidējā kvadrātiskā caurmēra 5 gadu tekošais periodiskais šķērslaukuma pieaugums, cm^2 ;

H_{100} – I stāva valdošās koku sugas virsaugstuma bonitāte, m ;

H_{dom} – I stāva valdošās koku sugas virsaugstums, m ;

D_g – I stāva valdošās koku sugas vidējais kvadrātiskais caurmērs, cm ;

cr – vidējā kvadrātiskā caurmēra koka vainaga proporcija;

RDF – relatīvā biežības faktors;

$Thin_{0-5}$ – fiktīvais mainīgais, ja 0-5 gadu periodā veikta kopšana;

a_1 - a_{10} – koeficienti.

$$z_D = \frac{2z_g}{\pi D}$$

z_D – I stāva valdošās koku sugas vidējā kvadrātiskā caurmēra 5 gadu tekošais periodiskais pieaugums, cm ;

z_g – I stāva valdošās koku sugas vidējā kvadrātiskā caurmēra koka šķērslaukuma 5 gadu tekošais periodiskais pieaugums, cm^2 ;

D – I stāva valdošās koku sugas vidējais kvadrātiskais caurmērs, cm .

Caurmēra pieaugums

Rezultāti

$$\ln(x_g) = a_1 + a_2 \ln(H_{100}) + a_3 \frac{1}{H_{dom}} + a_4 \frac{1}{H_{dom}^2} + a_5 \ln(D_g) + a_6 D_g^2 + a_7 \frac{1}{(D_g + 0.1)} + a_8 \ln(cr) + a_9 RDF + a_{10} Thin_{g-s}$$

Suga	Koeficienti									
	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9	a10
Priede	-10,13559	1,43993	30,85789	-206,63607	2,47013	-0,00056	32,19942	0,50294	-0,38445	0,18969
Egle	13,72648	0,88688	63,15600	-82,91013	-4,43013	0,00281	-73,17365	-0,72235	-0,92563	0,24593
Bērzs	-11,82100	1,95792	54,18728	-216,29347	2,63456	-0,00081	10,39234	-0,11695	-1,79526	0,03842

Statistiskie rādītāji	Apzīmējums	Ideālā vērtība	Priede	Egle	Bērzs
Vidējā novirze	MRES	0	0,000	0,000	0,000
Vidējā absolūtā novirze	AMRES	0	0,466	0,333	0,459
Standartklūda	RMSE	0	0,636	0,462	0,603
Vidējā kvadrātiskā kļūda	MSE	0	0,420	0,238	0,394
Determinācijas indekss	R ²	1	0,286	0,501	0,357
Modeļa efektivitāte	MEF	0	2,491	0,995	1,800
Dispersijas attiecība	VR	1	1,000	1,000	1,000

Parametri	Kopā	Intercept	ln(H100)	1/Hdom	1/Hdom ²	ln(d)	d ²	1/(d+0,1)	ln(cr)	RDF	Thin
Priede	0,000	0,349	0,000	0,152	0,078	0,379	0,412	0,465	0,128	0,289	0,241
Egle	0,000	0,234	0,030	0,049	0,715	0,148	0,009	0,057	0,130	0,052	0,148
Bērzs	0,000	0,454	0,002	0,259	0,582	0,538	0,547	0,863	0,784	0,002	0,903

H100 - virsaugstuma bonitāte, m

Hdom - virsaugstums, m

d - audzes I stāva valdošās koku sugas vidējais kvadrātiskais caurmērs, cm

cr - vainaga proporcija

Thin - fiktīvais mainīgais, ja periodā veikta kopšana

Ne visi parametri ir būtiski

Caurmēra pieaugums



$$z_D = \frac{2\sigma g}{\pi D}$$

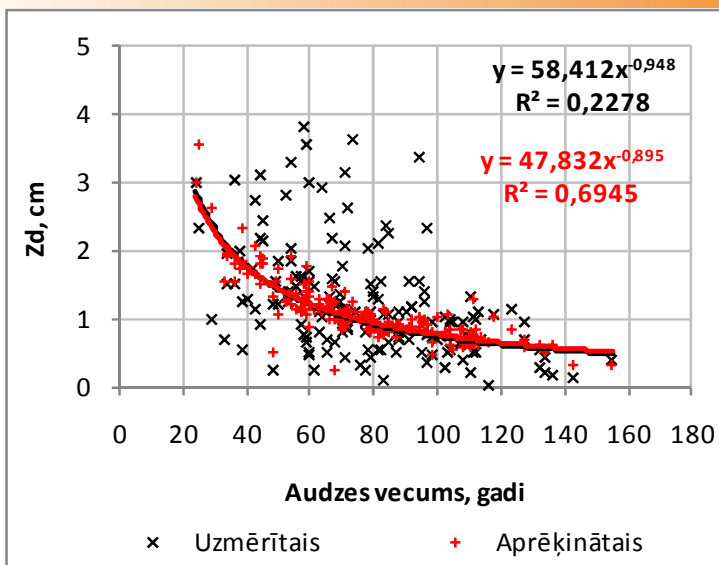
Aprēķinātais aritmētiski vidējais audzes I stāva valdošās koku sugas vidējā kvadrātiskā caurmēra piecu gadu tekošais periodiskais pieaugums (zD) ir mazāks (priedei un bērzam) vai tāds pats (eglei) kā uzņēmētais, pie tam šīs vērtības savstarpēji neatšķiras vairāk nekā par divām standartklūdām

Suga	Zd veids	Vecums	Aritmētiski vidējais	Minimums	Maksimums	Standartnovirze	PL skaits	Standartklūda	
Priede	uzmērītais	21-40	1,68	0,54	3,05	0,810	12	0,23	
		41-60	1,72	0,26	3,83	0,896	36	0,15	
		61-80	1,29	0,24	3,65	0,760	45	0,11	
		81-100	1,12	0,12	3,37	0,683	35	0,12	
		101-160	0,66	0,04	1,31	0,338	34	0,06	
		Kopā	1,25	0,04	3,83	0,799	162	0,06	
	aprēķinātais	21-40	2,13	1,55	3,55	0,625	12	0,18	
		41-60	1,42	0,50	2,07	0,328	36	0,05	
		61-80	1,07	0,26	1,49	0,193	45	0,03	
		81-100	0,88	0,48	1,15	0,121	35	0,02	
		101-160	0,71	0,32	1,28	0,188	34	0,03	
		Kopā	1,11	0,26	3,55	0,464	162	0,04	
	Egle	uzmērītais	21-40	2,50	1,01	4,22	1,088	20	0,24
			41-60	1,68	0,27	4,01	0,968	19	0,22
61-80			1,25	0,31	2,27	0,653	13	0,18	
81-100			1,23	0,61	2,34	0,550	10	0,17	
Kopā			1,78	0,27	4,22	1,027	62	0,13	
aprēķinātais		21-40	2,67	0,98	5,74	1,329	20	0,30	
		41-60	1,44	0,86	2,20	0,411	19	0,09	
		61-80	1,27	0,69	2,07	0,476	13	0,13	
		81-100	1,34	0,60	3,06	0,764	10	0,24	
		Kopā	1,78	0,60	5,74	1,054	62	0,13	
Egle	uzmērītais	21-40	1,98	0,43	3,86	1,010	19	0,23	
		41-50	1,31	0,40	3,17	0,751	22	0,16	
		51-60	1,48	0,53	3,55	0,873	17	0,21	
		61-110	1,02	0,12	2,38	0,679	23	0,14	
		Kopā	1,42	0,12	3,86	0,884	81	0,10	
	aprēķinātais	21-40	1,93	0,62	3,09	0,693	19	0,16	
		41-50	1,25	0,74	2,07	0,367	22	0,08	
		51-60	1,18	0,64	1,90	0,357	17	0,09	
		61-110	0,92	0,56	1,93	0,304	23	0,06	
		Kopā	1,30	0,56	3,09	0,579	81	0,06	

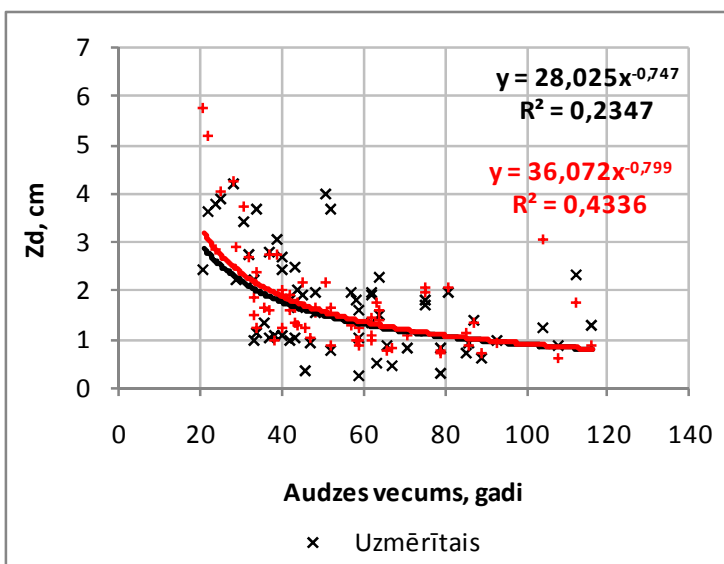
Caurmēra pieaugums

$$Z_D = \frac{2z_g}{\pi D}$$

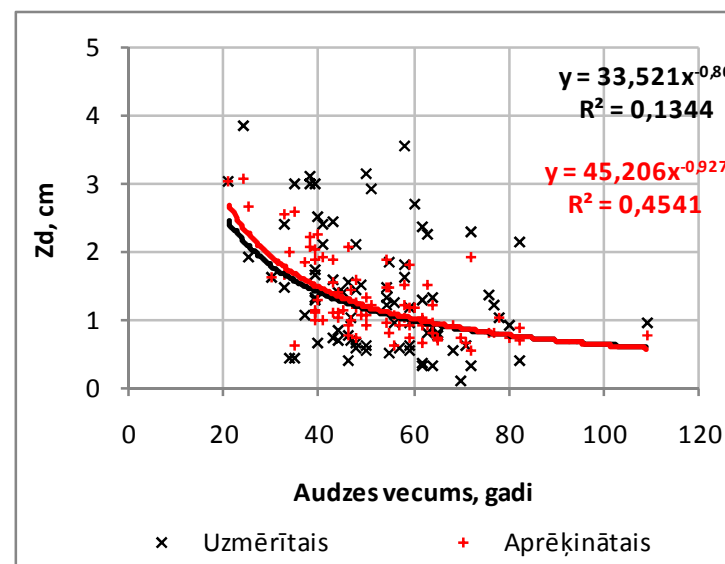
priede



egle



bērzs



Šķērslaukuma pieaugums



Materiāls un metodika

Datu analīzē izmanto datus par 255 MSI 2009. gadā atkārtoti uzņēmētajiem parauglaukumiem. Nākošā perioda šķērslaukuma aprēķina kā funkciju no nākošā perioda audzes I stāva vidējā kvadrātiskā caurmēra un I stāva koku skaita pēc sekojoša vienādojuma:

$$G = \frac{\pi D^2 N}{40000}$$

D - vidējais kvadrātiskais diametrs, cm

G - šķērslaukums m²

N – koku skaits.

Šķērslaukuma pieaugums



Rezultāti

Aproximētais šķērslaukuma pieaugums salīdzinājumā ar reāli konstatēto korelē vidēji cieši (eglei) vai cieši (priedei, bērzam). Redzama tendence, ka mistrotās audzēs aproksimācija ir ievērojami mazāka.

Statistiskie rādītāji	Apzīmējums	Ideālā vērtība	Priede	Egle	Bērzs
Vidējā novirze	MRES	0	-1,3	-2,8	-0,1
Vidējā absolūtā novirze	AMRES	0	2,7	4,5	1,7
Standartklūda	RMSE	0	5,3	8,3	2,8
Vidējā kvadrātiskā kļūda	MSE	0	27,7	67,3	7,5
Determinācijas indekss	R ²	1	0,718	0,396	0,841
Modeļa efektivitāte	MEF	0	0,308	0,682	0,168
Dispersijas attiecība	VR	1	0,980	0,914	1,000

Suga	Īpatsvars, %	Aritmētiski vidējais	Minimums	Maksimums	Standartnovirze	PL skaits	Standartklūda
Priede	36-64	6,3	0,3	35,0	8,1	17	2,0
	65-94	3,2	0,0	30,7	5,0	54	0,7
	95-100	1,4	0,1	5,2	1,0	68	0,1
	kopā	2,7	0,0	35,0	4,5	139	0,4
Egle	36-64	5,4	0,1	28,5	7,1	17	1,7
	65-94	4,8	0,0	35,2	7,8	20	1,7
	95-100	1,8	0,1	3,9	1,2	9	0,4
	kopā	4,5	0,0	35,2	6,7	46	1,0
Bērzs	36-64	2,8	0,7	7,7	2,5	6	1,0
	65-94	2,0	0,0	13,9	2,4	42	0,4
	95-100	0,9	0,0	3,3	0,8	22	0,2
	kopā	1,7	0,0	13,9	2,1	70	0,3

Secinājumi



1. Priedei kopumā, bet it īpaši zemākajās bonitātēs parauglaukumos, pēc urbuma skaidām konstatētais faktiskās audzes krājas reducētais tekošais potenciālais periodiskais pieaugums ir lielāks nekā pēc izlīdzinātās līknes aprēķinātais. Savukārt eglei un bērzam izlīdzinātās līknes vērtības ir augstākas nekā pēc urbumu skaitām aprēķinātās.
2. Faktiskie augstuma pieaugumi (2004.-2009.g.) kā priedei, tā arī eglei un bērzam ir lielāki nekā prognozēts pēc aproksimētajiem augstumiem kā pēc Orlova bonitāšu skalām, tā arī pa meža tipiēm attiecīgajās vecuma grupās vienreiz uzmērītos MSI parauglaukumos (Donis, 2009). Nepieciešams pārskatīt izstrādātos vienādojumus, kā arī Latvijā izmantojamo bonitāšu skalu.
3. Augstuma pieaugumi, kas modelēti pēc prof. I.Liepas izstrādātā vienādojuma (Liepa, 1996) kopumā paraugkopai neatšķiras būtiski no vidējām uzmērītajām augstuma pieauguma vērtībām, bet skuju kokiem prognozētie augstuma pieaugumi ir sistemātiski lielāki.
4. Aprēķinātie empīrisko vienādojumu koeficienti sakarības raksturošanai starp audzes vidējo augstumu, valdaudzes augstumu un virsaugstumu nodrošina labāku atbilstību empīriskajam materiālam nekā agrāk izstrādātās sakarības (Matuzānis, 1983; Матузанис, 1986).

Secinājumi



5. Maksimālā koku skaita aproksimācija atkarībā no valdošās koku sugas vidējā kvadrātiskā caurmēra, kas aprēķināta pēc pārbaudāmā vienādojuma, priedei ir sistemātiski mazāka nekā maksimālais konstatētais koku skaits, kāds aproksimēts pēc MSI mērījumos konstatētajiem maksimālajiem koku skaitiem dažāda D_g un H_g lielumiem, savukārt eglei un bērzam tie uzrāda nesistemātiskas atšķirības atkarībā no D_g . Nepieciešami detalizētāki vērtējumi un lielāks parauglaukumu skaits.
6. Izvēlētais modelis koku skaita pašizretināšanās modelēšanai 5 gadu periodam ir statistiski būtisks, bet atsevišķu neatkarīgo mainīgo koeficienti nav statistiski būtiski, un pie atsevišķām mainīgo lielumu kombinācijām „vienādojumu uzvedība” nav adekvāta, tādēļ nepieciešams palielināt parauglaukumu skaitu.
7. Pārbaudāmais caurmēra pieauguma modelis kopumā adekvāti atspoguļo faktiski uzmērīto caurmēra pieaugumu, bet ne visi regresijas vienādojuma koeficienti bija statistiski būtiski, tādēļ nepieciešams izvērtēt vienādojumos saglabājamo regresoru skaitu.
8. Aproksimētais šķērslaukuma pieaugums salīdzinājumā ar reāli konstatēto korelē vidēji cieši (eglei) vai cieši (priedei, bērzam). Redzama tendence, ka mistrotās audzēs aproksimācija ir ievērojami mazāka. Nepieciešams veltīt papildus uzmanību mistrotu audžu augšanas gaitas aproksimācijai.



Paldies par uzmanību!
